





# Sommaire

**01**  
**Introduction**

**02**  
**Résolution du  
problème**

**03**  
**Discussions**

**04**  
**Conclusion**





**01**

# **Introduction**



# Espèces étudiées :

Baleines à bosse  
Baleines boréales  
Baleines bleues

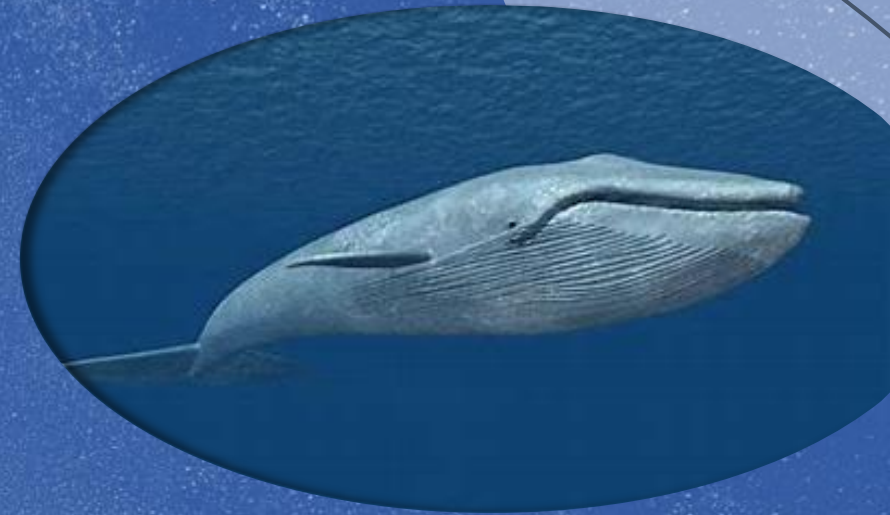


# 86

Espèces de cétacés

# 2

Grandes familles



- Baleines à dents (Odontocètes)
- Baleines à fanons (Mysticètes)



# Objectif :

Identifier les baleines  
en analysant leur chant







**02**

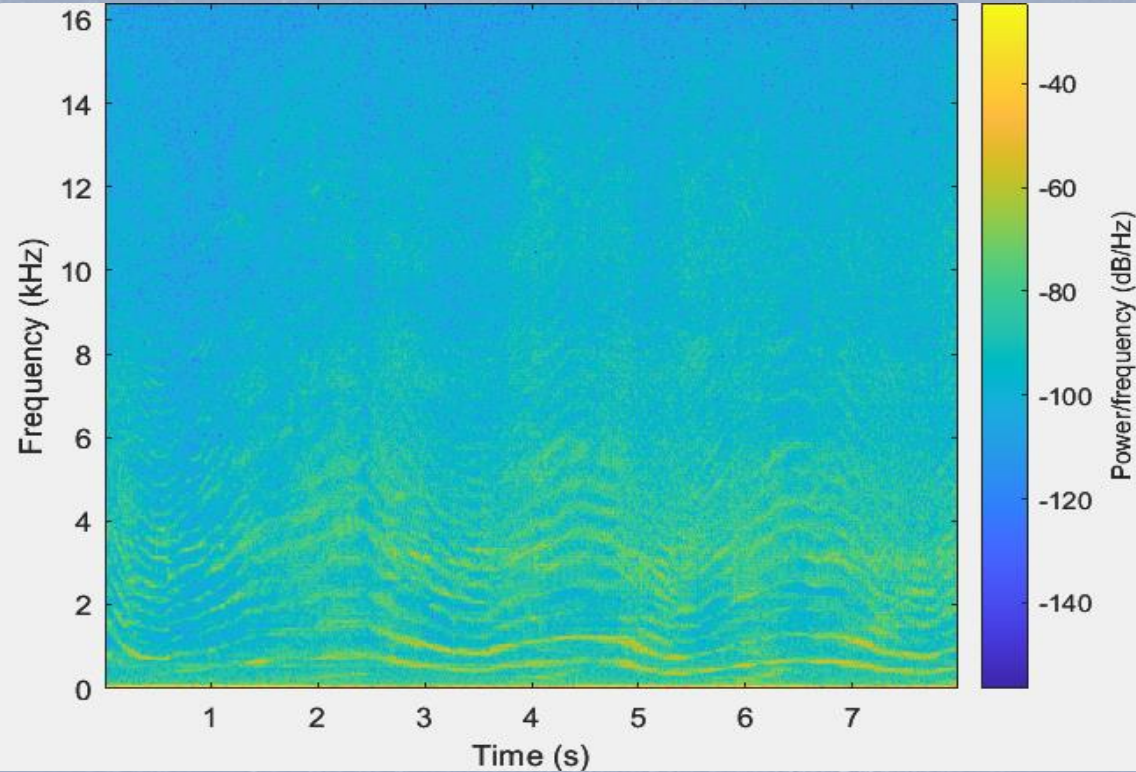
# **Résolution du problème**



# Démarche

## 1. Observations et analyse de spectrogrammes

Spectrogramme d'un son de baleine boréale :  
unité sonore qui se répète 3 fois.





## 2. Recherche de valeurs significatives

TABLE III. Mean (SD) spectrogram parameters (see Table I) of measured repetitive and harmonic sounds, the number measured of each vocalization type and the number of pods they were heard in (see Figs. 5-7 for associated spectrograms). All frequency measurements are shown in the linear scale (Hz). Social vocalizations which were also part of the song structure are highlighted along with the song year in which they were heard.

	Purr	Growl	Trill	Blow	Bark	Bellow	Creek	Screech	Scream	Grunts	Croaks	Yap	Yelps	Pulses	Low yap
N (sounds)	16	14	6	6	50	4	4	4	8	90	17	10	21	25	5
N (groups)	4	5	3	3	13	4	1	1	3	9	3	4	1	2	1
Dur $F_0$	1.566 (0.575)	2.253 (1.268)	2.194 (0.468)	0.281 (0.152)	0.205 (0.119)	0.939 (0.415)	1.723 (0.614)	1.366 (0.336)	1.179 (0.288)	0.221 (0.110)	0.522 (0.255)	0.372 (0.101)	0.251 (0.074)	0.062 (0.027)	0.129 (0.037)
Min $F_0$	56 (43)	60 (18)	245 (83)	45.5 (15)	139 (98)	382 (117)	29 (7)	119 (42)	678 (156)	43 (20)	75 (45)	230 (94)	95 (42)	139 (11)	243 (128)
Max $F_0$	59 (41.8)	73 (17)	427 (92)	45.5 (15)	346.9 (204)	403 (100)	102 (26)	221 (39)	1436 (270)	45 (23)	120 (61)	2480 (875)	372 (158)	294 (152)	820 (310)
Start $F_0$	56 (43.9)	62 (18)	261 (72)	45.5 (15)	153.4 (104)	379 (114)	29 (7)	125 (51)	684 (149)	43 (20)	75 (45)	2480 (875)	236 (118)	191 (102)	712 (85)
End $F_0$	59 (41.8)	70 (18)	342 (127)	46.3 (20)	350.4 (201)	404 (100)	102 (26)	216.0 (45)	1157 (248)	43 (20)	120 (61)	250 (94)	173 (111)	188 (39)	268 (22)
%	0	14 (36)	34 (36)	0	100	75 (50)	100	57 (15)	38 (18)	0	100	0	100	0	10
Duration	0	14 (36)	34 (36)	0	100	75 (50)	100	57 (15)	38 (18)	0	100	0	100	0	10
Peak F	206 (62)	73 (36)	360 (42)	191 (57)	225.7 (106)	437 (97)	243 (15)	365 (38)	1177 (166)	74.8 (39)	193 (62)	1325 (611)	170 (46)	171 (63)	488 (330)
Inflects	0	0	0	0	1	0	1	1	0	5	4 or 5 (3-8)	6-8	3 or 4	7-15	6
No./bout	21.6 (6.1)	67.3 (3.9)	40.5 (3.4)	No	02	No	02	02	No	03, 04	02	02	No	No	No
Pulse rate	02	02, 03, 04	02	No	02	No	02	02	No	03, 04	02	02	No	No	No
Song unit	02	02, 03, 04	02	No	02	No	02	02	No	03, 04	02	02	No	No	No
yt															

TABLE I. Measurements and a description of the measurements made on all vocalizations. Some of the measurements are illustrated in Fig. 2.

Measurement	Abbreviation	Description
Variables measured on lowest frequency component $F_0$		
Duration (s)	Dur $F_0$	Vocalization length
Minimum frequency (Hz)	Min $F_0$	Minimum frequency
Maximum frequency (Hz)	Max $F_0$	Maximum frequency
Start frequency (Hz)	Start $F_0$	Start frequency
End frequency (Hz)	End $F_0$	End frequency
Percentage to maximum (%)	%	Percentage of duration to the maximum frequency
Frequency range (as ratio)	Range $F_0$	Max freq/min freq
Frequency trend (as ratio)	Trend $F_0$	Start freq/end freq
Inflections	Inflec	Number of reversals in slope
Other variables measured		
Peak frequency (Hz)	Peak F	Frequency of the spectral peak
Number of units per bout	No./bout	Equals one for nonrepetitive sounds
Pulse rate (/s)	Pulse rate	for pulsative sounds

Source: The social vocalization repertoire of east Australian migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*)



### 3. Comparaison avec des références

Résultats référence = résultats mesurés pour un fichier .txt choisi pour chaque baleine.

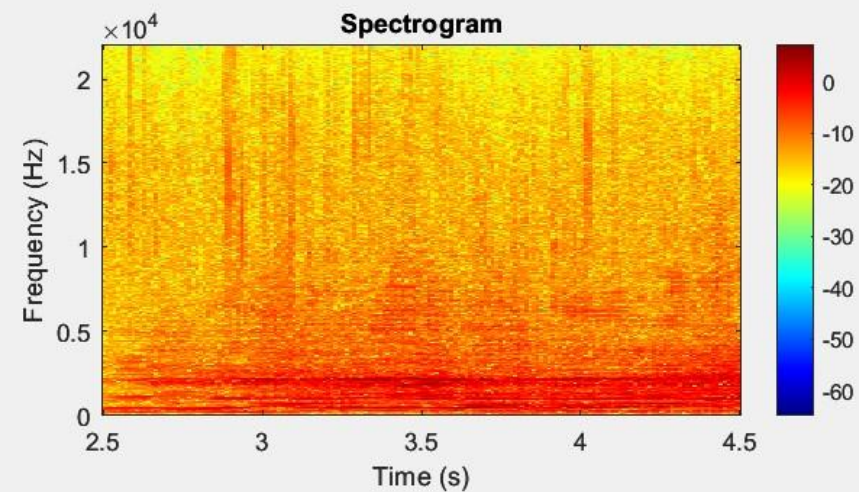
	Baleines bleues	Baleines à bosses	Baleines boréales
F0min	150.00Hz	327.27Hz	33.33Hz
F0max	300.00Hz	721.21Hz	648.17Hz
F0début	200.00Hz	527.27Hz	33.33Hz
F0fin	250.00Hz	518.18Hz	41.67Hz
F0fondamentaleMoy	205.94Hz	493.02Hz	43.18Hz
F0Equart Max-Min	150.00Hz	393.94Hz	614.84Hz



## 4. Présentation des résultats




**Baleine a Bosse trouvée**



	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name
Durée (sec)	2	1.5000	0.4000	0.5000	0.7000	1	1	0.8000	1.5000	2	1
Fréq minimum (Hz)	400	533.3333	333.3333	300	333.3333	500.0000	333.3333	566.6667	600	466.6667	300
Fréq maximum (Hz)	2.2333e+03	2.4333e+03	2.6333e+03	1100	1.8333e+03	1.4667e+03	2100	3.7333e+03	4400	1600	333.3333
Fréq début (Hz)	400	2.0333e+03	1.2333e+03	866.6667	466.6667	533.3333	2100	600	2.5333e+03	566.6667	333.3333
Fréq fin (Hz)	1.0333e+03	700	633.3333	333.3333	733.3333	500.0000	766.6667	1.8000e+03	700	1.3667e+03	300
Fréq moyenne (Hz)	1.2470e+03	1.1473e+03	1.2711e+03	529.1667	660.7843	661.2245	616.3265	1.3274e+03	1.2869e+03	888.5522	302.0408
Equart Max-Min	1.8333e+03	1900	2300	800	1500	966.6667	1.7667e+03	3.1667e+03	3800	1.1333e+03	33.3333





# 03

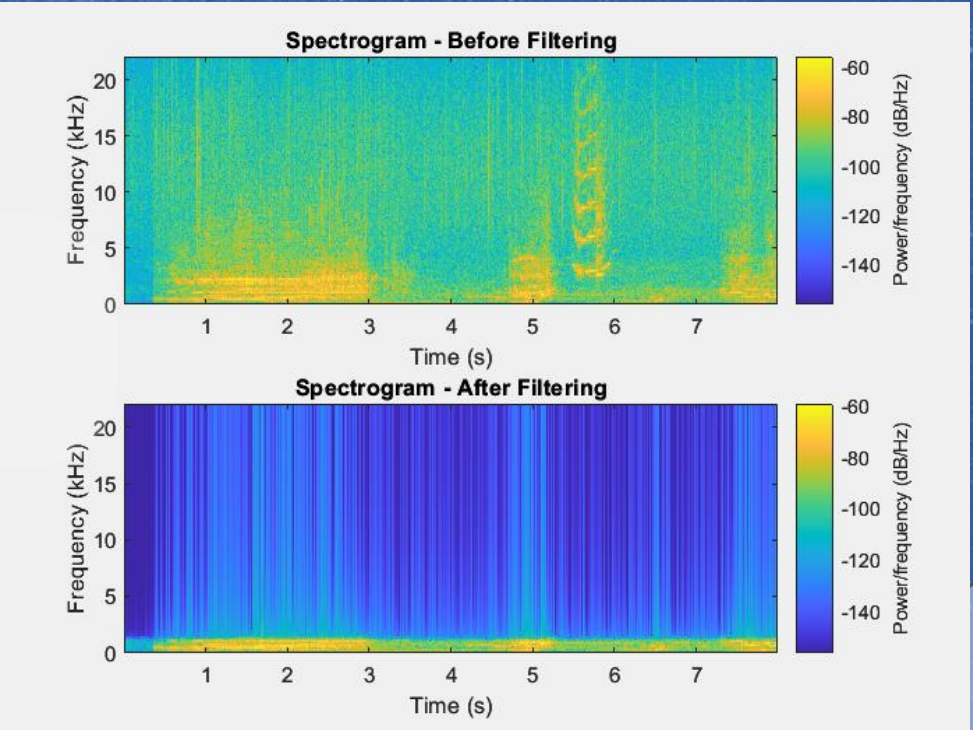
# Discussions



Fréquences théoriques :

	Baleine à bosse	Baleine boréale	Baleine bleue
Freq fondamentales	10-40Hz	25-40Hz	15-40Hz
Gamme freq de chant	80-4000Hz	25-900Hz	14-40Hz
Fréquences d'appel	Jusqu'à 24kHz	Jusqu'à 3kHz	Jusqu'à40Hz

Le filtre augmente la précision du son mais apporte juste de petites modifications: filtrage peu utile dans notre cas.

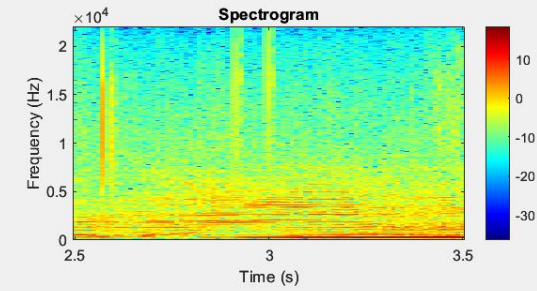




# Avant filtrage



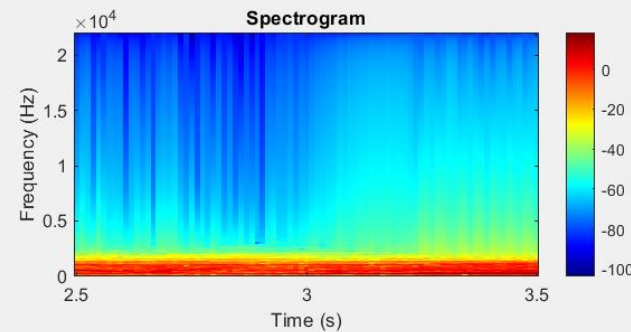
Baleine a Bosse trouvée



	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name
Durée (sec)	1	3	2	3	1	1	1	2.5000	1.5000	1
Fréq minimum (Hz)	300	233.3333	266.6667	266.6667	266.6667	166.6667	200	266.6667	300	533.3333
Fréq maximum (Hz)	2600	1.0667e+03	666.6667	1400	2.0667e+03	900.0000	700	3.7667e+03	2.3333e+03	566.6667
Fréq début (Hz)	566.6667	533.3333	466.6667	566.6667	300	333.3333	266.6667	566.6667	300	566.6667
Fréq fin (Hz)	300	500.0000	300	600	300	533.3333	500.0000	266.6667	300	533.3333
Fréq fondamentale moyenne (Hz)	641.8367	562.1924	302.6936	474.3848	701.3605	389.7959	409.1837	976.0753	590.9910	535.7143
Equart Max-Min	2300	833.3333	400.0000	1.1333e+03	1.8000e+03	733.3333	500	3.5000e+03	2.0333e+03	33.3333



Baleine a Bosse trouvée

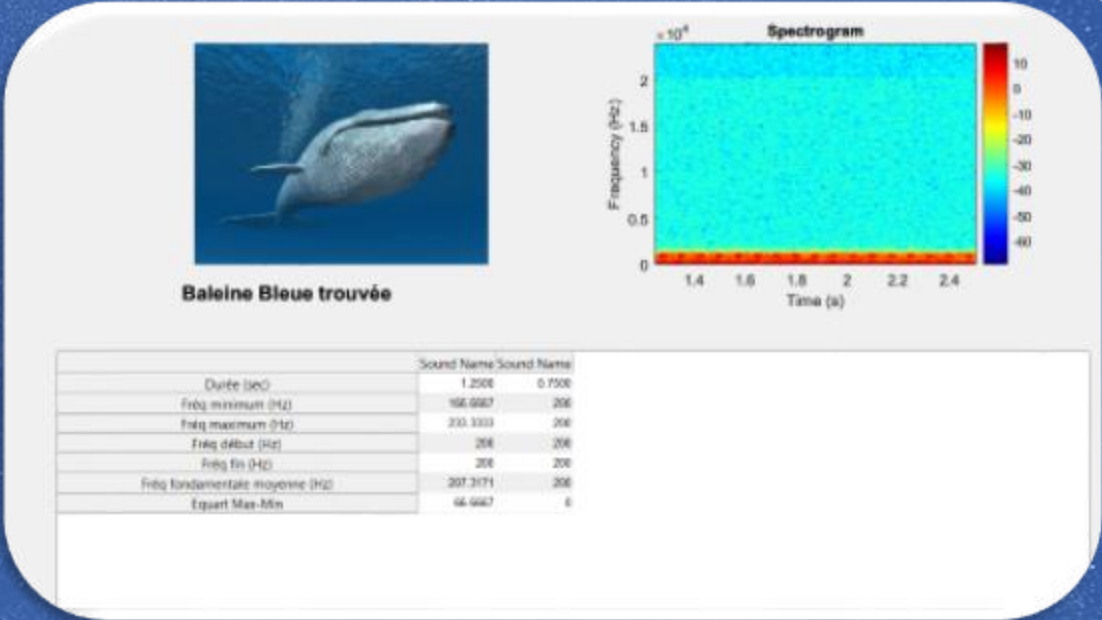
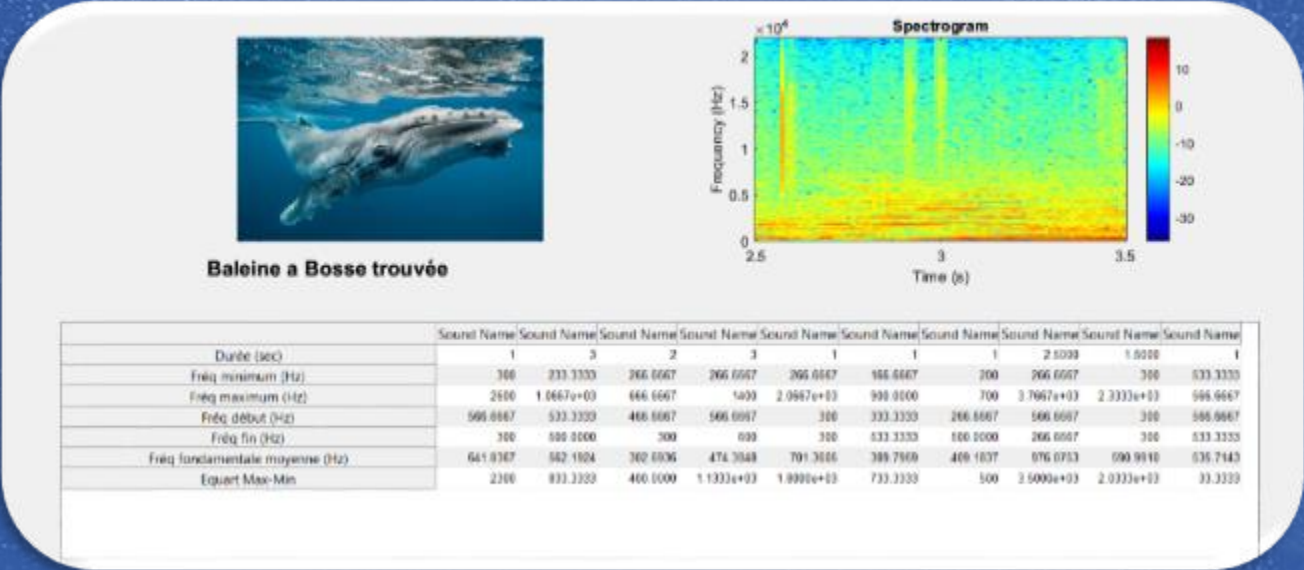


	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name
Durée (sec)	1	3	2	3	1	1	1	2.5000	1.5000	1
Fréq minimum (Hz)	66.6667	233.3333	266.6667	266.6667	266.6667	166.6667	66.6667	266.6667	300	300
Fréq maximum (Hz)	733.3333	1.0667e+03	466.6667	900.0000	1.0667e+03	900.0000	933.3333	800	900.0000	566.6667
Fréq début (Hz)	566.6667	566.6667	466.6667	566.6667	300	333.3333	266.6667	566.6667	300	566.6667
Fréq fin (Hz)	300	500.0000	300	600	300	533.3333	500.0000	266.6667	300	533.3333
Fréq fondamentale moyenne (Hz)	344.2177	546.7562	301.3468	456.2640	419.0476	404.4218	411.2245	509.9462	358.5586	533.3333
Equart Max-Min	666.6667	833.3333	200	633.3333	800	733.3333	866.6667	533.3333	600.0000	266.6667

# Après filtrage



Cohérence de nos résultats avec les résultats attendus:



Identification réussie des baleines bleues (Cf code matlab)

Identification réussie des baleines à bosse

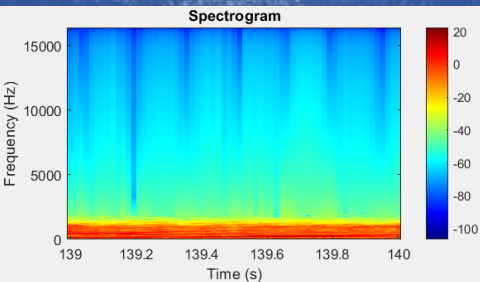


# Contrainte baleine boréale – baleine à bosse

Notre base de données pour baleine boréale est la suivante :



Baleine Boréale trouvée

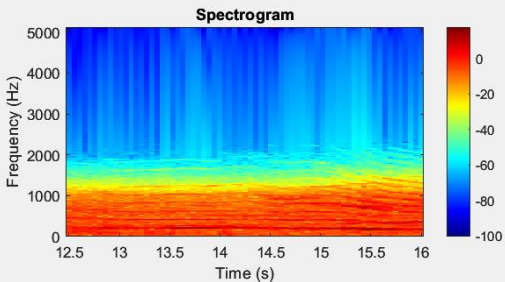


	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name
Durée (sec)	1	1.5000	1	1	1	2.5000	1.5000	2.7500	2.2500	2
Fréq minimum (Hz)	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347
Fréq maximum (Hz)	300.0122	566.6897	500.0203	500.0203	666.6938	966.7060	766.6979	566.6897	666.6938	66.6694
Fréq début (Hz)	33.3347	66.6694	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347
Fréq fin (Hz)	33.3347	33.3347	300.0122	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347	33.3347
Fréq fondamentale moyenne (Hz)	44.3317	143.7700	67.7003	136.0880	42.6134	123.7567	118.3722	51.9629	55.5578	35.1960
Equart Max-Min	266.6775	533.3550	466.6857	466.6857	633.3591	933.3713	733.3632	533.3550	633.3591	33.3347

En revanche, l'analyse d'un autre chant de la baleine à bosses nous donne ceci :



Baleine à Bosse trouvée



	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name	Sound Name
Durée (sec)	3.5000	3	4	5	3	3	4	4	2	2
Fréq minimum (Hz)	100.0651	200.1303	66.7101	166.7752	200.1303	200.1303	200.1303	200.1303	300.1954	233.4853
Fréq maximum (Hz)	500.3257	800.5212	733.8111	1.1007e+03	767.1661	833.8762	733.8111	933.9414	733.8111	400.2606
Fréq début (Hz)	233.4853	233.4853	233.4853	400.2606	266.8404	266.8404	266.8404	233.4853	366.9055	333.5505
Fréq fin (Hz)	400.2606	333.5505	300.1954	300.1954	333.5505	233.4853	700.4560	667.1010	333.5505	233.4853
Fréq fondamentale moyenne (Hz)	246.5789	507.3537	345.7556	452.2651	446.5561	320.1638	292.2538	478.4234	374.1493	359.1564
Equart Max-Min	400.2606	600.3909	667.1010	933.9414	567.0358	633.7459	533.6808	733.8111	433.6156	166.7752

=> La similitude des gammes de fréquences des baleines boréales et baleines à bosse rend la distinction entre les deux plus difficile...



# 04 Conclusion





Identification des espèces basée sur l'analyse des marges de fréquences, malgré les variations individuelles et régionales.

Malgré les différentes analyses, la communication des baleines à travers leur chants constitue encore un grand mystère.



# Bibliographie

Sons marins : **Discovery of Sound in the Sea** [en ligne]

<https://dosits.org/animals/>

Données additionnelles sons et localisation :

**Watkins Marine Mammal Souds Database** [en ligne]

<https://cis.who.edu/science/B/whalesounds/bestOf.cfm?code=AC2A>

**US Navy Marine Species Monitoring** [en ligne]

<https://www.navymarinespeciesmonitoring.us/data-access1/passive-acoustic-data>

Universal Soundbank

<https://universal-soundbank.com/baleines.htm>

Sons de baleines ([universal-soundbank.com](https://universal-soundbank.com))